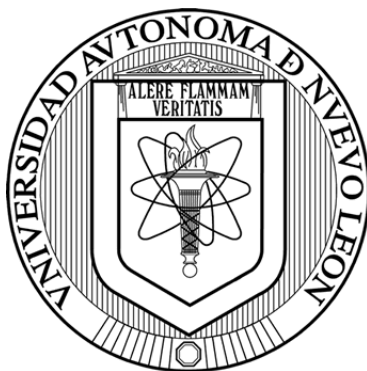


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**  
**FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA**  
**SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**



**USO DE LA ELEVATION TRAINING MASK 2.0 COMPARADO CON EL  
ENTRENAMIENTO EN ALTITUD EN BOXEADORES PROFESIONALES**

**POR:**

**L.E.F.D.R. ISAAC YAIR VELÁZQUEZ SALAZAR**

**PRODUCTO INTEGRADOR**

**REPORTE DE PRÁCTICAS PROFESIONALES**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL**

**GRADO DE:**

**MAESTRÍA EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE**

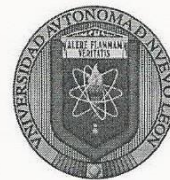
**CON ORIENTACIÓN EN ALTO RENDIMIENTO DEPORTIVO**

**SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, N.L.**

**JUNIO 2018**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA  
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO



Los miembros del Comité de Titulación de la Maestría en Actividad Física y Deporte integrado por la Facultad de Organización Deportiva, recomendamos que el Producto Integrador en modalidad de Reporte de Prácticas titulado "Uso de la Elevation Training Mask 2.0 Comparado con el Entrenamiento en Altitud en Boxeadores Profesionales" realizado por el L.E.F.D. y R. Isaac Yair Velázquez Salazar sea aceptado para su defensa como oposición al grado de Maestro en Actividad Física y Deporte con Orientación en Alto Rendimiento Deportivo.

COMITÉ DE TITULACIÓN

Dr. C. Fernando A. Ochoa Ahmed  
Asesor Principal

Dra. C. Dulce Edith Morales Elizondo  
Co-asesor

Dra. Minerva Thalía Juno Vanegas Farfano  
Co-asesor

Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero  
Subdirección de Estudios de Posgrado e  
Investigación de la FOD

Nuevo León, Junio 2018

## FICHA DESCRIPTIVA

### UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA

Fecha de Graduación: Junio 2018

**Isaac Yair Velázquez Salazar**

Título del Producto Integrador: Uso de la Elevation Training Mask 2.0 comparado con el Entrenamiento en Altitud

**Número de Páginas: 61**

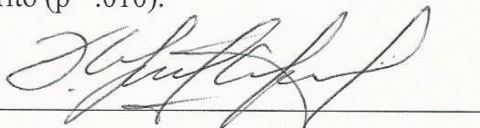
Candidato para obtener el Grado de Maestría en Actividad Física y Deporte con Orientación en Alto Rendimiento Deportivo

El presente estudio fue realizado con el objetivo de comparar los modelos de entrenamiento Live High – Train High contra el modelo Live Low – Train High y validar o descalificar el uso de la Elevation Training Mask 2.0 como simulador de altitud. 16 boxeadores profesionales divididos en dos grupos (MTY; n=8 y CDMX; n=8) fueron sometidos a 6 microciclos de entrenamiento aeróbico que constaron de un volumen total de 36 km, divididos en 18 km corridos con el método continuo constante y 18 km corridos utilizando al método fraccionado.

Se realizaron evaluaciones previas y posteriores a la intervención de la metodología de entrenamiento propuesta. Como parámetros de medición de la potencia aeróbica máxima se utilizó el consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub>Max) calculado a través del test de la milla y media y la formula del ACSM. Las variables hematológicas fueron medidas con biometrías hemáticas y se utilizaron los valores de glóbulos rojos, hemoglobina y hematocrito.

Se analizaron los datos a través de la prueba de rangos de Wilcoxon en donde se encontraron incrementos significativos en glóbulos rojos (p= .012), hemoglobina (p= .012) y hematocrito (p= .011) para el grupo MTY, mientras que en el grupo CDMX se encontraron aumentos significativos en VO<sub>2</sub>Max (p= .012), glóbulos rojos (p= .011), hemoglobina (p= .012) y hematocrito (p= .010).

Dr. C Fernando A. Ochoa Ahmed:



## **Agradecimientos**

A mis padres y a mi hermano, por todo el apoyo que me han dado a lo largo de mi formación profesional, por respaldarme en cada proyecto que he emprendido y por creer en mi en todo momento, sin ustedes nada de esto sería posible.

Al Dr. Fernando Ochoa, por todo el apoyo brindado, por formarme como maestro a lo largo de estos dos años, dándome la oportunidad de pertenecer a su equipo de trabajo y sobre todo por la confianza que tuvo en mi desde el inicio.

A mi novia Daniela González, por compartir conmigo todo este proceso de formación, por apoyarme en todos mis proyectos y por siempre animarme a seguir adelante.

A Jhonny González y su familia, por recibirme con las puertas abiertas en su casa y en su gimnasio, por su cooperación al permitirme trabajar con sus atletas y en sus instalaciones.

Al Dr. Gilberto Mata Muñoz, por enseñarme las bases del entrenamiento deportivo, por estar siempre pendiente de mi formación profesional y por darme las armas necesarias para ingresar al posgrado.

A la Dra. Minerva Vanegas por su ayuda en el cierre de este proceso de formación, por tener la puerta de su oficina siempre abierta y por los valiosos aprendizajes que me dejó.

A mis compañeros Fernando Montoya, Adela Valenzuela, Hugo Mercado, Víctor Gómez, Víctor Alvarado, Liliana Estrada y Cesar Torres por las enseñanzas que me dejaron y toda la ayuda en este y el resto de los proyectos.

A los boxeadores de la empresa “De León Promotions”, por su cooperación y por dar lo mejor en cada sesión de entrenamiento.

A los boxeadores del gimnasio “Ratón González” por permitirme trabajar con ustedes y atreverse a hacer un cambio en la manera en la que llevaban el trabajo físico.

## Contenido

Introducción .....	1
Planteamiento del Problema.....	3
Justificación.....	4
Marco Teórico .....	5
Boxeo .....	5
Capacidad Aeróbica Máxima (VO2MAX) .....	8
test de medición del vo <sub>2</sub> max. ....	9
Glóbulos Rojos (Eritrocitos) .....	17
Entrenamiento en Altitud .....	19
<i>live high – train low (lh-tl)</i> . ....	20
<i>live high – train high (lh-th)</i> . ....	22
<i>live low – train high (ll-th)</i> . ....	23
<i>live low – train low (ll-tl)</i> . ....	24
¿Cuánta Exposición a la Altitud es Necesaria?.....	25
Simuladores de Altitud.....	26
<i>elevation training mask 2.0</i> . ....	28
Caracterización.....	30
Nivel de Aplicación.....	32
Propósitos y Objetivos .....	33
Tiempo de Realización.....	34
Estrategias y Actividades .....	39
Recursos .....	40
Producto .....	42
Conclusiones .....	49
Anexos .....	51
Bibliografía .....	53

## Introducción

El boxeo es un deporte que se caracteriza principalmente por presentar acciones y reacciones a alta intensidad como golpes, cambios de dirección, cambios de ritmo, toma de decisiones y movimientos defensivos.

Durante las contiendas los atletas deben mantener o aumentar la intensidad, velocidad, precisión, frecuencia de golpeo y control de la atención a pesar del incremento del estrés y la fatiga generados por el curso de la pelea.

La concentración de lactato en sangre de un boxeador de élite durante una pelea puede alcanzar los 14.5 mmol/L. (Ghosh, 2010). Si estos niveles se mantienen antes de iniciar un round, la intensidad, la precisión y la frecuencia de los golpes disminuirá por lo tanto las probabilidades de un resultado positivo también se verán afectadas.

El consumo máximo de oxígeno ( $VO_2MAX$ ) afecta a la resistencia, nos permite mejorar la habilidad de resistir a la fatiga y mantener altas intensidades durante las competencias, así como también optimizar la recuperación de los atletas entre cada round (Karlson, Bonde-Petersen, Henriksson, & Knuthen, 1975; Weltman & Regan, 1983; Hogan & Smith, 1994; Guidetti et al., 2002).

Desde los Juegos Olímpicos de México 68 los entrenadores y científicos deportivos han observado y estudiado los efectos del entrenamiento en altitud, entre los que se encuentran el aumento de glóbulos rojos, hemoglobina y hematocrito, teniendo como resultado un incremento en los indicadores de resistencia.

A partir del lanzamiento de la novedosa máscara que simula el entrenamiento en altitud (Elevation Training Mask) un sinnúmero de atletas de elite la ha incluido en sus entrenamientos y campamentos de preparación, sin embargo no se ha logrado demostrar de manera científica cuales son los beneficios reales que esta aporta.

Este estudio pretende encontrar cuales son los beneficios que brinda la Elevation Training Mask 2.0 en boxeadores profesionales que llevan a cabo su preparación en baja altitud (540m.). Además se llevó a cabo una comparación entre los métodos de

entrenamiento “Live High Train High” (LHTH) y “Live Low Train High” (LLTH) en el cual la ETM 2.0 sirvió como simulador de altitud durante la intervención.

## **Planteamiento del Problema**

En décadas pasadas la mayoría de los boxeadores profesionales mexicanos realizaban su campamento de preparación en el Centro Ceremonial Otomí, ubicado en Temoaya, Estado de México a 3200 msnm. esto con el objetivo de mejorar la resistencia, sin embargo, se ignora por completo la metodología correcta para lograr adaptaciones fisiológicas y mejorar el rendimiento, es decir, cuanto tiempo de exposición a la hipoxia deben tener, a que intensidades de entrenamiento tienen que trabajar y cuánto tiempo previo a la competencia deben bajar.

Uno de los principales inconvenientes que se presenta al realizar campamentos de altitud en el Centro Ceremonial Otomí es el costo, ya que no todos los boxeadores cuentan con el recurso económico necesario para costear las estancias de entre 8 a 12 semanas de duración. Otra dificultad es que al contar únicamente con gimnasio de boxeo se hace casi imposible llevar a cabo una preparación física adecuada para un boxeador. Además el ambiente frío y seco resultan perjudiciales en la salud y por ende en el rendimiento de los atletas, eso, sumado al aislamiento total han llevado a los peleadores a buscar alternativas en cuanto a lugares, metodologías y dispositivos para sus campamentos de trabajo.

Un gran número de boxeadores de elite sumaron a sus entrenamientos la máscara de hipoxia Elevation Training Mask 2.0, convencidos en que el uso de este innovador artefacto les ayudaría a incrementar el rendimiento debido a los efectos del entrenamiento en altitud que ofrece, no obstante, existe muy poca investigación científica que valide o descalifique el uso de este artefacto en la preparación física de atletas profesionales.



**Justificación**

La presente investigación pretende encontrar y medir de manera cuantitativa las consecuencias del uso de la Elevation Training Mask 2.0 en boxeadores profesionales, debido a que múltiples peleadores de elite y atletas de otras disciplinas la han utilizado en sus entrenamientos, desconociendo totalmente los beneficios o desventajas que esta genera.

Además este proyecto va a definir en qué periodo y etapa del entrenamiento se puede obtener una optimización del rendimiento utilizando el implemento, así como, bajo que métodos de entrenamiento resulta provechoso y en cuales desfavorable.

También se efectuará una comparación entre los métodos de entrenamiento en altitud “Live Low Train High” y “Live High Train High”, de esta manera podremos medir la respuesta hematológica de los deportistas, lo que nos brindará la información necesaria para determinar la viabilidad de los campamentos en montaña que durante largos años han sido característicos en la preparación física de los boxeadores.

## Marco Teórico

### Boxeo

El boxeo es un deporte de combate donde los peleadores tienen que cumplir con un “peso límite” aproximadamente entre 24 y 36 horas antes de su competencia. Las contiendas se llevan a cabo en un ring cuadrado cuyos vértices pueden llegar a medir entre 4.88m. hasta 6.10m. (Ruddock, 2016)

Una pelea de box consta de 10 rounds de 3 minutos con intervalos de 1 minuto de descanso entre cada round, en el caso de las peleas titulares el número de rounds se incrementa a 12, manteniendo los intervalos de descanso. Por lo tanto obtenemos que una contienda boxística tarda un tiempo total de 39 minutos ( $10 \times 3 \text{ minutos} = 30 + (9 \times 1 = 9) = 39 \text{ minutos}$ ) y en el caso de una competencia titular la duración será de 47 minutos ( $12 \times 3 = 36 + (11 \times 1 = 11) = 47 \text{ minutos}$ ) (Ruddock, 2016).

El tamaño y peso de los guantes varía de acuerdo a la categoría/división en la que se lleva a cabo la pelea; para las divisiones pequeñas (desde paja 47.63 kg hasta welter 66.68 kg) se utilizan guantes de 8 onzas (227g); para las categorías grandes (desde superwelter 69.85kg hasta peso pesado +91Kg.) se utilizan guantes de 10 onzas (283g) (Asociación Internacional de Boxeo Aficionado, 2015)

Dentro de las peleas de box se cuenta con un referee dentro del cuadrilátero y 3 jueces situados uno en cada lado del ring, estos observan y califican la pelea round por round para determinar al ganador en caso de llegar hasta la decisión. Los jueces califican bajo un criterio subjetivo, fijándose principalmente en las habilidades ofensivas y defensivas de los boxeadores, la cantidad de golpes lanzados, los golpes de poder conectados, así como en quien propuso el ritmo del combate (Ruddock, 2016).

Se otorgan 10 puntos al ganador de cada round y 9 puntos al perdedor restando 1 punto por cada caída si es que existieron en alguno de los rounds. Al finalizar la pelea los puntos se suman y cada juez declara un ganador; el boxeador declarado ganador por el mayor número de jueces es quien gana la pelea (Asociación Internacional de Boxeo Aficionado, 2015).

Es por esto que la preparación de un boxeador es crucial debido a que una buena preparación física, nutricional y mental incrementa las probabilidades de mantener un ritmo constante y ganar de manera clara cada round (Ruddock, 2016).

Otra vía para conseguir la victoria siendo esta la más conocida y espectacular en el boxeo es el Knockout (KO). Un KO se da cuando un competidor conecta uno o varios golpes de gran potencia en la cabeza o el cuerpo de su oponente, teniendo como resultado que este caiga al ring y no pueda recuperarse tras el conteo reglamentario de 10 segundos. Además del KO efectivo se puede presentar un Knockout Técnico (TKO), este se da cuando uno de los competidores recibe mucho castigo de parte de su oponente y el referí o la esquina se ven obligados a parar la pelea o tirar la toalla para proteger la salud y la integridad física del atleta (Ruddock, 2016).

Davis, Benson, Pitty, Connorton y Waldock (2015), reportaron que los boxeadores amateur de elite realizan diversas acciones cada 1.4 segundos durante los 3 minutos del round, con porcentajes de 77%, 19% y 4% de energía derivada del metabolismo aeróbico, fosfocreatina y la glucólisis anaeróbica respectivamente.

Davis, Leithäuser y Beneke (2014) mencionan que una capacidad aeróbica bien desarrollada es un requisito necesario si se quiere conseguir el éxito; la capacidad aeróbica ( $\text{VO}_2\text{Max}$ ) dentro de un rango de 57.5 a 69.0  $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  han sido reportadas en boxeadores amateur de elite y en boxeadores profesionales puede superar los 70  $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ .

Smith (2006) publicó que los boxeadores amateur veteranos tienen el  $\text{VO}_2\text{Max}$  un 21% más elevado que los boxeadores novatos, esto debido a que los boxeadores veteranos participan en contiendas de 3x3 minutos mientras que los novatos aún pelean en encuentros de 3x2 minutos. La mayor duración del combate así como de los entrenamientos explicarían porque el consumo máximo de oxígeno es superior en el caso de los boxeadores veteranos.

Investigaciones señalan que el  $\text{VO}_2\text{Max}$  de los seleccionados del equipo nacional de Grecia fue  $55.8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  (Sevas, Alexander, Eleftherious, & Vassilis, 1986); para los seleccionados húngaros  $61.0 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  (SD 4.9; Friedmann, Jost, Rating, Weller, Werle, Eckardt, *et al.*, 1999); para los miembros del equipo de la India  $61.7 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  (SD 9.0; Khanna & Manna, 2006); para los boxeadores del equipo nacional de Gran Bretaña  $63.8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  (SD 4.8; Smith, 2006) y los boxeadores del equipo nacional de Lituania  $58.03 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . (SD 3.0; Bruzas, Stasiulis, Cepulenas, Mockus, Statkeviciene, Subacius).

### **Capacidad Aeróbica Máxima (VO<sub>2</sub>MAX)**

Representa la máxima cantidad de oxígeno recolectado, transportado y utilizado, siendo un indicador fisiológico ampliamente aceptado al momento de preinscribir, evaluar y controlar programas de actividad física y entrenamiento deportivo (American College of Sports Medicine, 2014).

El estado de forma física al comienzo del entrenamiento va a ser un factor clave en cuanto a la mejoría observada durante el mismo. Las personas que tienen una buena condición física mostrarán un cambio menor en la potencia aeróbica que los que han llevado una vida sedentaria. Por lo general el incremento medio del VO<sub>2</sub>Max de los estudios que han empleado un gran número de personas varía entre el 15 y el 20% (Wilmore & Costill, 2010). Otro factor determinante en el nivel del VO<sub>2</sub>Max que se pueda llegar a desarrollar es la edad, estudios encontraron que conforme la edad aumenta, los valores del consumo máximo de oxígeno pueden disminuir hasta 10% por década (Hawkins & Wiswell, 2003).

Existen notables variaciones individuales en el grado de mejoría del VO<sub>2</sub>Max con un programa de entrenamiento, mientras una persona puede presentar una mejoría del 20% al 30% como consecuencia del ciclismo de fondo, otra persona podría mostrar cambios menores (5%) con el mismo programa de trabajo (Wilmore & Costill, 2010).

Green, Jones, Ball-Burnett, Farrance y Ranney (1995) observaron un incremento de hasta 15.6% en el VO<sub>2</sub>Max de hombres relativamente activos que practicaban ciclismo 2 horas diarias (al 62% del VO<sub>2</sub>Max), 5 veces por semana durante 8 semanas. Apreciaron que la mayor parte de esta mejoría se produjo durante las primeras 4 semanas de entrenamiento.

Existe un límite en cuanto a la mejoría que puede conseguirse en la potencia aeróbica como consecuencia del entrenamiento. A medida que aumentan las cargas en el entrenamiento parece haber una mejora proporcional del VO<sub>2</sub>Max. Finalmente, el aumento de las cargas o duración de las sesiones no mejorará la potencia aeróbica a pesar de las largas e intensas que puedan llegar a ser las sesiones de entrenamiento (Wilmore & Costill, 2010).

### test de medición del vo2max.

La medición del VO<sub>2</sub>Max eficientiza la preinscripción de la actividad física ya que ofrece un indicador preciso de la capacidad cardiopulmonar y puede ser utilizado para la correcta planificación del entrenamiento deportivo (Tharret , Peterson, & American College of Sports Medicine, 2012).

Existen dos métodos de medir el VO<sub>2</sub>Max; el primero es de manera directa y son pruebas estrictamente de laboratorio, el segundo método es de una manera menos precisa pero aceptable, sin embargo, cuando no se cuentan con los recursos esta es la manera ideal: el método indirecto.

A continuación se presenta un cuadro con los test más reconocidos para evaluar la potencia aeróbica máxima de manera indirecta.

Tabla 1.

#### *Pruebas de campo de medición de VO2Max*

Prueba		Tipo de prueba	Autor y Año	Variable a medir	Variable de interés asociada
CAMINAR/CORRER 12 MINUTOS		Continua, constante, máxima	K. Cooper, 1968	Distancia	VO <sub>2</sub> Max
CAMINAR/CORRER 1000 M.		Continua, constante, máxima	F. Díaz, et al. 2000	Tiempo	VO <sub>2</sub> Max
CAMINAR/CORRER 1.5 MILLAS (2413 M.)		Continua, constante, máxima	K. Cureton, et al. 1995	Tiempo	VO <sub>2</sub> Max, VO <sub>2</sub> Pico
UMTT		Continua, incremental, máxima	L. Leger y R. Boucher, 1980	Velocidad final	VO <sub>2</sub> Max, VAM
COURSE NAVETTE		Continua, incremental, máxima	L. Leger y J. Lambert, 1982	Velocidad final	VO <sub>2</sub> Max

*(Collins, Cureton, Hill, & Ray, 1989)*

***caminar/correr 12 minutos. (test de cooper).***

Esta es una prueba indirecta, continua, constante y máxima de valoración del VO<sub>2</sub>Max. Consiste en recorrer la mayor distancia posible preferentemente corriendo en 12 minutos.

Es una modificación de la prueba del Dr. Balke (mentor de K. Cooper). En el test de Balke se debía recorrer la mayor distancia posible en 15 minutos y se podía correr, trotar o caminar y la variable a medir era la velocidad promedio en m/min, valor que parecía correlacionarse con el VO<sub>2</sub>Max. Cooper le realizó dos modificaciones: 1. Redujo el tiempo a 12 minutos y 2. El resultado final pasó a ser la distancia recorrida en metros en lugar de la velocidad promedio (Cooper., 1970)

La validez ha sido probada con 115 varones de la fuerza aérea de la armada de Estados Unidos, de 22 años de edad promedio y se ha encontrado un coeficiente de correlación de 0.897 entre la medición directa en el laboratorio y la prueba de Cooper (Farinola, 2008). La ecuación de regresión publicada originalmente fue:

$$\text{Distancia} = 0,3138 + (0,0278 \text{ VO}_2\text{max}), \text{ o}$$

$$\text{VO}_2\text{max} = (\text{DISTANCIA} - 0,3138) / 0,0278$$

Donde VO<sub>2</sub>Max se representa en ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> y DISTANCIA en millas (1 milla = 1.609m.) (Cooper K. , 1968)

Si el resultado lo tenemos en kilómetros, entonces aplicamos la siguiente formula: (Ciró, 1994)

$$\text{VO}_2\text{Max} = (\text{Distancia recorrida} - 504) / 45$$

Las ventajas de esta prueba son que se lleva a cabo a través de un gesto conocido, es de bajo costo y se puede evaluar a grupos grandes simultáneamente.

***caminar/correr 1000m.***

Esta es una prueba indirecta, continua, constante y máxima de valoración del VO<sub>2</sub>Max. Consiste en recorrer 1 Kilometro (1000m.) en el menor tiempo posible pudiendo correr, trotar o caminar. Al ser una prueba de distancia fija y tiempo variable es fácil obtener el resultado, ya que solo se detiene el cronometro cuando el individuo cruza la línea final (Farinola, 2008).

Esta prueba se ha validado en 51 sujetos, 31 hombres ( $32,6 \pm 10,5$  años de edad) y 20 mujeres ( $33,9 \pm 16,2$  años de edad) ninguno deportista. La fórmula desarrollada es la siguiente:

$$\text{VO}_2\text{max} = 71,662 - (5,850 \text{ TIEMPO}) \quad (r = 0,88).$$

Donde el VO<sub>2</sub>Max se mide en  $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , y el TIEMPO en minutos (decimal) (Díaz , 2000).

Además de ser un test validado para el VO<sub>2</sub>Max, tiene la ventaja de que la velocidad promedio calculada puede utilizarse como VAM (Farinola, 2008). Para calcular la VAM estimada con esta prueba es necesario realizar el siguiente procedimiento matemático:

$$V = d/t \quad (V: \text{velocidad}; d: \text{distancia}; t: \text{tiempo}).$$

$$\text{VAM (m/seg)} = (1.000 \text{ m}) / t \text{ (en segundos)}.$$



***caminar/correr 1.5 millas (2413m.) (test de la milla y media).***

Al igual que la prueba anterior, esta es una prueba indirecta, continua, constante y máxima de valoración del VO<sub>2</sub>Max. Este test consiste en recorrer 1.5 millas (2413m.) en el menor tiempo posible, preferentemente corriendo aunque también es válido trotar y caminar.

Se utilizará la fórmula propuesta por el ACSM para determinar el VO<sub>2</sub>Max corriendo:

$$\text{VO}_2\text{Max} = (2413/\text{Tiempo}[\text{decimal}]) \cdot .2 + 3.5$$

En donde el VO<sub>2</sub>Max se expresa en ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>; la “V” (velocidad) en m/s y se obtendrá dividiendo la distancia recorrida (2413)/tiempo (decimal). Por ejemplo:

$$\text{VO}_2\text{Max} = (2413/9) \cdot .2 + 3.5$$

$$\text{VO}_2\text{Max} = 57.12 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

***test de pista de la universidad de montreal (umtt).***

Esta es una prueba indirecta, continua, máxima e incremental basada en el costo energético de la carrera. Se debe realizar en una pista de al menos 200m. y se deben colocar marcas o señales cada 50m. para que los sujetos puedan seguir el ritmo fácilmente. Los corredores deben seguir la velocidad que indica un toque de silbato o una grabación.

Al ser incremental los autores sugieren que el UMTT parece algo más seguro que el Test de Cooper, ya que aquí los participantes se detienen cuando se cansan. Además permite valorar el  $\text{VO}_2\text{Max}$ , así como la VAM.

El test inicia a una velocidad de 5 METs (6km/h, caminata) y aumenta progresivamente un MET cada dos minutos (tabla 2). Un sonido indica el ritmo de carrera siguiendo los valores mostrados en la tabla 2.

La fórmula para la estimación del  $\text{VO}_2\text{Max}$  es:

$$y = 0,0324 x^2 + 2,143 x + 14,49$$

donde “y” es el costo energético de la carrera en  $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , “x” es la velocidad de carrera del último estadio completado en km/h ( $r = 0,96$ ;  $\text{EEE} = 2,81 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) (Leger & Boucher , 1980).

La velocidad de carrera del último estadio completado será interpretada como VAM, debiendo luego ser contrastada con una prueba continua constante desarrollada a esta velocidad. Si dicha velocidad se puede sostener entre 2 y 3 minutos, entonces la consideraremos como VAM. De lo contrario se tomará como la VAM a la velocidad alcanzada en el penúltimo estadio completado del test (Billat, 2002).

Si bien la validación de esta prueba con medición directa del consumo de oxígeno fue realizada sólo con varones, los autores concluyen que este es un test seguro, válido, y confiable (la confiabilidad fue puesta a prueba con varones y mujeres) para adultos jóvenes y de mediana edad, varones y mujeres, estén entrenados o no (Farinola, 2008).

Tabla 2.

*Protocolo del Test de Pista de la Universidad de Montreal (UMTT)*

Estadio	VO <sub>2</sub> [ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> ]	Tiempo [min]	Velocidad [Km/h]	Tiempo cada 50m[s]
Caminar				
5	17.5	2	6.00	30.0
7	24.5	4	7.10	25.4
Correr				
9	31.5	6	7.16	25.1
10	35.0	8	8.48	21.2
11	38.5	10	9.76	18.4
12	42.0	12	11.00	16.4
13	45.5	14	12.21	14.7
14	49.0	16	13.39	13.4
15	52.5	18	14.54	12.4
16	56.0	20	15.66	11.5
17	59.5	22	16.75	10.7
18	63.0	24	17.83	10.1
19	66.5	26	18.88	9.5
20	70.0	28	19.91	9.0
21	73.5	30	20.91	8.6
22	77.0	32	21.91	8.2
23	80.5	34	22.88	7.9

Nota: Adaptado de Leger L., y Boucher R. 1980.

***test de course navette.***

Es una adaptación del test UMTT que permite utilizarlo en gimnasios y espacios reducidos. Al igual que el UMTT el Course Navette es un test indirecto, continuo, máximo e incremental, con la diferencia de que esta prueba tiene frenadas, arranques y cambios de dirección cada 20m. Por lo tanto sólo se necesita una superficie plana de 22m. (20 para la ejecución de la prueba y 1 para cada extremo por seguridad) y un metro de ancho para cada persona, permitiendo la evaluación simultanea de grupos grandes.

La prueba inicia a una velocidad de 8.5 km/h, posteriormente se incrementa el ritmo 0.5 km/h cada minuto. Este test resultó tener una validación en la estimación del VO<sub>2</sub>Max, a través de la siguiente fórmula:

$$\text{VO2max} = 31,025 + (3,238 \times \text{VELf}) - (3,248 \times \text{EDAD}) + (0,1536 \times \text{VELf} \times \text{EDAD}).$$

Donde VO<sub>2</sub>Max se expresa en ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>; VELf (velocidad del último estadio anunciado por la cinta sonora) en km/h; EDAD en años (r = 0,71; EEE = 5,9 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>; con 188 chicos y chicas de 8-19 años) (Leger, 1988).

Esta fórmula se puede utilizar en niños, adolescentes y adultos. Si se utiliza en adultos siempre se colocará “18” en EDAD (r = 0,90; EEE = 4,7 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>; n = 77 hombres y mujeres de 18-50 años de edad) (Leger, 1988).

La validez del UMTT es algo mayor que la del Course Navette, lo que lo hace preferible, sin embargo, el UMTT tiene la desventaja de necesitar una pista de al menos 200 metros y un muy buen equipo de sonido. Por otro lado, y aunque estos dos test están altamente correlacionados, el Course Navette arroja valores levemente menores al UMTT. Según los autores esto puede ser debido a que durante el UMTT se lleva a cabo una actividad sin frenadas ni arrancadas.

Tabla 3.  
*Course Navette con palieres de 1 minuto.*

Estadío [min]	Velocidad [km/h]	Tiempo Parcial [s]	VO <sub>2</sub> [ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> ]
1	8.5	8.47	23.6
2	9.0	8.00	26.6
3	9.5	7.58	29.6
4	10.0	7.20	32.6
5	10.5	6.86	35.6
6	11.0	6.55	38.6
7	11.5	6.26	41.6
8	12.0	6.00	44.6
9	12.5	5.76	47.6
10	13.0	5.54	50.6
11	13.5	5.33	53.6
12	14.0	5.14	56.6
13	14.5	4.97	59.6
14	15.0	4.80	62.6
15	15.5	4.65	65.6
16	16.0	4.50	68.6
17	16.5	4.36	71.6
18	17.0	4.24	74.6
19	17.5	4.11	77.6
20	18.0	4.00	80.6

Nota: Los valores de VO<sub>2</sub>Max son para edad de 18 años o mayor. Adaptado de Leger L., et al. 1988.

### **Glóbulos Rojos (Eritrocitos)**

Constituyen más del 99% de la fracción corpuscular de la sangre y entre un 40 y 45% del volumen total de sangre. A este porcentaje del volumen total se le conoce como **Hematocrito** (Wilmore & Costill , 2010).

La vida de un glóbulo rojo es de tan solo 120 días, por lo tanto estas células se están produciendo y destruyendo constantemente al mismo tiempo y al mismo ritmo. Este equilibrio es de vital importancia ya que estas células se encargan principalmente de transportar el oxígeno hacia los tejidos, sin una cantidad suficiente de unidades de transporte su función se verá afectada teniendo como consecuencia una disminución en el rendimiento (Wilmore & Costill , 2010).

Los eritrocitos transportan oxígeno unido a su hemoglobina. La **Hemoglobina** está compuesta de una proteína (globina) y un pigmento (hem). Cada eritrocito contiene aproximadamente 250 millones de moléculas de hemoglobina y cada una de ellas puede unirse con 4 moléculas de oxígeno. Hay un promedio de 15g de hemoglobina por cada 100 ml. de sangre completa. Cada gramo de hemoglobina puede combinarse con 1.33 ml. de oxígeno, por lo que puede haber hasta 20 ml. de oxígeno en cada 100 ml. de sangre (Wilmore & Costill , 2010).

La **viscosidad de la sangre** se refiere al espesor de esta misma, cuanto más espeso es un fluido, más resistencia opondrá a su circulación. En este caso la viscosidad y por lo tanto la resistencia a fluir incrementa con la elevación del hematocrito (Wilmore & Costill , 2010).

Debido al transporte de oxígeno por los glóbulos rojos, sería deseable un incremento en su número para optimizar el transporte de oxígeno. Pero si el aumento de glóbulos rojos no va acompañado de un incremento similar en el volumen de plasma, la viscosidad de la sangre aumentará, lo cual puede restringir el riego sanguíneo. En general esto no es un problema, a menos que el hematocrito iguale o supere el 60% (Wilmore & Costill , 2010).

Inversamente, la combinación de un hematocrito bajo con un alto volumen de plasma parece ser beneficioso para la función de transporte de sangre porque puede fluir con mayor facilidad y de esta manera oxigenar con mayor rapidez los tejidos, sin

embargo un hematocrito bajo es con frecuencia el resultado de un número reducido de eritrocitos. Bajo estas circunstancias la sangre circula con mayor fluidez, pero contiene menos transportadores, por lo que el transporte de oxígeno se ve dificultado (Wilmore & Costill, 2010).

Al iniciar el ejercicio existe una pérdida de volumen de plasma sanguíneo casi inmediata. Con esfuerzos prolongados puede haber una reducción de entre el 10% y 20% en el volumen de plasma. Se han observado pérdidas de entre 15% y 20% en el volumen de plasma en series de 1 minuto de duración de ejercicio agotador (Sejersted, Vollestad, & Medbo, 1986). En los entrenamientos con resistencias, la pérdida del volumen de plasma es proporcional a la intensidad del esfuerzo, con pérdidas desde el 7.7% cuando se hace el ejercicio al 40% de la repetición máxima y hasta el 13.9% cuando se entrena al 70% (Collins, Cureton, Hill, & Ray, 1989).

Cuando el volumen del plasma se reduce se produce la **Hemoconcentración**. Esto significa que se disminuye la porción fluida de la sangre y que la fracción corpuscular representa un porcentaje más grande del volumen total de sangre. Esta hemoconcentración incrementa sustancialmente la concentración de glóbulos rojos (entre un 20% y 25%). El hematocrito aumenta entre un 40% y 50%. No obstante, es muy poco probable que cambie el número total de glóbulos rojos (Wilmore & Costill, 2010).

Cuando el hematocrito se eleva, el efecto neto, incluso sin un aumento del número total de glóbulos rojos, es incrementar la cantidad de eritrocitos por unidad de sangre puesto que las células están más concentradas. Cuando la concentración de glóbulos rojos aumenta, también lo hace el contenido de hemoglobina por unidad de sangre, lo cual es ventajoso para el ejercicio y supone una ventaja clara a grandes alturas en reposo y durante ejercicio sub-máximo (Wilmore & Costill, 2010).

## **Entrenamiento en Altitud**

Las técnicas para el entrenamiento de hipoxia pueden incluir estadías o campamentos en locaciones que se encuentren a altitudes moderadas y altas. Estos campamentos predominan en los atletas de deportes de resistencia pura, ya sea porque su competencia será en lugares altos o para sacar ventaja del nivel del mar.

Un ambiente de altitud produce estrés fisiológico en los seres humanos. Los cambios pueden ocurrir en alturas moderadas (1800-2800msnm), y alturas altas (por encima de 2800 msnm). Los estresores más importantes son: la hipoxia, radiación solar, bajas temperaturas, poca humedad y vientos fuertes.

A mayor altitud se produce una disminución proporcional en la presión barométrica y atmosférica del oxígeno. Esto genera hipoxia hipobárica que afecta, en diferentes grados, a todos los órganos, sistemas y funciones del organismo. La reducción crónica de la presión parcial de oxígeno hace que los individuos se adapten y se ajusten a este estrés fisiológico. La intensidad de estas adaptaciones depende de factores como el grado de hipoxia relacionado con la altitud, el tiempo de exposición, la intensidad del ejercicio y las condiciones individuales (Ness, 2015).

Se ha establecido que la exposición a la altura produce una respuesta fisiológica que contribuye en muchos de los ajustes y adaptaciones que influyen la capacidad de ejercicio y de resistencia aeróbica. Estas adaptaciones incluyen aumento en la ventilación, densidad capilar y concentración de mioglobina tisular y hemoglobina, sin embargo, hay un efecto negativo en fuerza y potencia relacionado con una disminución en la masa muscular y el tamaño de la fibra, por una menor intensidad del entrenamiento (Vargas Pinilla , 2014).

Métodos de entrenamiento como Live High-Train Low, Live High-Train High, Live Low-Train High y Live Low-Train Low han sido desarrollados e investigados para establecer los cambios en la condición física de los atletas y cómo las adaptaciones fisiológicas a la hipoxia pueden mejorar su desempeño a nivel del mar.



***live high – train low (lh-tl).***

Es un método en el cual los atletas viven en altitudes altas y entrenan en altitudes bajas. El objetivo primordial de este método es incrementar el rendimiento de la capacidad de resistencia.

Este método se fundamenta en adquirir los beneficios que brinda la adaptación a la altura manteniendo las intensidades del entrenamiento a nivel del mar. En ocasiones la altitud se simula utilizando cámaras que utilizan un método de filtración de oxígeno y solución de nitrógeno resultando en una disminución de la concentración del oxígeno en el ambiente. En caso de que los atletas se encuentren en lugares altos entonces simularían la altura del nivel del mar con cámaras o tanques de oxígeno suplementario. (Wilber., 2007)

Dentro de los beneficios que presenta este método son: la mejoría en la capacidad anaeróbica, la capacidad de amortiguación del músculo, el incremento de enzimas oxidativas y la producción de eritropoyetina (lo cual incrementa la cantidad de glóbulos rojos) (Levine & Stray-Gundersen, 2005).

Ashenden, Gore, Dobson y Hahn (1999) revelaron que no existieron cambios en el volumen de hemoglobina en atletas hombres y mujeres. Sin embargo los sujetos de este estudio no tuvieron la exposición necesaria para adaptarse. Durmieron en cámaras de simulación de altura 10 horas por noche durante 12 días y el resto del día lo pasaban a una altitud de 600 msnm. Es sabido que esta altura no produce el estrés necesario para generar cambios fisiológicos.

Robertson, Augrey, Anson, Hopkins y Pyne (2010) encontraron incrementos en el volumen de hemoglobina y un aumento de 4-mM en el umbral de lactato en nadadores de velocidad entrenados utilizando este método.

Schmidt y Prommer (2008) sugirieron que el volumen de hemoglobina aumenta aproximadamente en un 6.5% con la suficiente exposición a la hipoxia. Además observaron una diferencia de 14% entre la gente que habita en altitud y los atletas de elite, así como una diferencia de 35% entre los atletas de elite y la población en general.

Un estudio realizado con corredores universitarios mostró que el grupo que entrenó con el método LH-TL mejoró su rendimiento en la prueba de 5000 m. mientras que el grupo que entrenó con el método LH-TH no mostró mejoría. Se destacó que en ambos grupos existió un incremento en el conteo de glóbulos rojos y en el  $\text{VO}_2\text{Max}$  en cantidades similares. En el mismo estudio el grupo LL-TL no mostró ninguna mejoría en ninguna variable (Wilber., 2007).

En otro estudio realizado con 39 corredores profesionales se encontró una mejoría promedio de 13s. en la prueba de 5000 m. tras una intervención de 4 semanas con el método LH-TL. Todos los sujetos entrenaron juntos durante 6 semanas antes de dividirse en grupos de LH-TL, LH-TH y LL-TL. Los dos grupos de altitud mostraron un aumento en las variables hematológicas, sin embargo, únicamente el grupo LH-TL mejoró su tiempo en la prueba de 5000 m. (Levine & Stray-Gundersen, 1997)

Basados en los resultados los autores han concluido que este método de entrenamiento de la resistencia es efectivo siempre y cuando la competencia sea a nivel del mar o en altitudes moderadas debido a los incrementos en las variables hematológicas y al aumento del rendimiento de los atletas.

***live high – train high (lh-th).***

Es un método de entrenamiento que consiste en radicar y entrenar en terrenos moderados o altos (mayor a 1800msnm.). Esto con el objetivo de generar adaptación a la altura y estimular los caminos de la eritropoyetina consiguiendo aumentar el volumen de hemoglobina y glóbulos rojos que darán como resultado una mejora en la resistencia.

Autores afirman que utilizando este método de entrenamiento hay una disminución en la intensidad del entrenamiento además de una reducción en el tiempo de las sesiones (Ness, 2015).

En una revisión realizada a fondo se encontraron resultados divididos, donde la literatura que afirma que el rendimiento de los atletas no aumenta es ligeramente mayor. Se concluye que la efectividad de este método de entrenamiento depende de los retos que pueden llegar a presentar el sobreentrenamiento, el desentrenamiento, y la respuesta individual de cada atleta (Friedmann-Bette, 2008).

En un estudio antes mencionado donde se compararon los métodos “”LHTL y LHTH” participaron 39 corredores profesionales dando como resultado un incremento en el VO<sub>2</sub>Max y en la cantidad de glóbulos rojos, sin embargo únicamente el grupo que entrenó con el método de LHTL mejoró su marca en la prueba de los 5000 m. Esto apoya la idea de que la intermitencia de altitud ayuda a mantener la intensidad del entrenamiento y tiene un mayor impacto en el rendimiento en altitudes bajas (Levine & Stray-Gundersen, 1997).

***live low – train high (ll-th).***

También conocido como “entrenamiento de hipoxia intermitente” se basa en vivir en terrenos ubicados en altitudes normales y entrenar en estado de hipoxia, ya sea de manera natural o simulada. Los beneficios de este método de entrenamiento incluyen: incremento en el volumen de eritrocitos, densidad mitocondrial del músculo, radio de la fibra capilar y del área cruzada seccional de la fibra (Wilber., 2007)

Sin embargo, la literatura revela muy poca evidencia sobre el incremento del volumen de hemoglobina, VO<sub>2</sub>Max o del rendimiento (Vogt & Hoppeler , 2010), (Wilber., 2007). Los estudios no dejan una imagen clara de los efectos de este método de entrenamiento en el VO<sub>2</sub>Max, en la potencia pico durante los test incrementales o en las pruebas contrarreloj.

Basado en los pocos resultados encontrados, parece ser que el poco tiempo de exposición a la hipoxia, sumado a las bajas intensidades del entrenamiento dificulta la mejoría del rendimiento de los atletas que utilizan este método.

***live low – train low (ll-tl).***

Supone que la exposición prolongada a la hipoxia, combinado con ejercicio, puede ser dañino para el sistema inmunitario (Friedmann-Bette, 2008). Esta teoría es respaldada por dos investigaciones realizadas con atletas que radicaron a 3500 msnm (Friedmann-Bette, 2008; Wilber R., 2007).

En el primer estudio encontraron un decremento en el conteo de glóbulos blancos (leucocitos) y en el segundo una disminución de la secreción de la inmunoglobulina A (Friedmann-Bette, 2008; Wilber R., 2007).

Algunos estudios realizados con corredores de elite encontraron que muchos sujetos de la población no mostraron mejorías en su rendimiento con el método LH-TL. De manera más específica los atletas de 5000 y 3000 metros que mejoraron sus marcas, aún por encima del promedio de los deportistas fueron considerados “Altamente adaptables”. De acuerdo a ambos estudios 20 de los 61 sujetos de la muestra no tuvieron mejoría en su rendimiento (Chapman, Stray-Gundersen, & Levine, 1998).

Dado el gran número de atletas que no respondió de manera positiva al entrenamiento, sumado a la posible disfunción del sistema inmune, a los elevados costos, al tiempo invertido y a los posibles síntomas agudos por altitud el método LH-TL representa una actividad más riesgosa que el entrenamiento al nivel del mar o método LL-TL. Sin embargo, el entrenamiento en altitud ha demostrado incrementar las variables hematológicas y ha mejorado el rendimiento en pruebas a nivel del mar.

Los atletas deben hacer un balance donde tomen en cuenta los riesgos y los beneficios del entrenamiento en altitud (en cualquiera de sus métodos) contrastado con el entrenamiento a nivel del mar (LL-TL), aunque si cuentan con los recursos necesarios y un entrenamiento bien planificado el riesgo puede ser bien recompensado.

### **¿Cuánta Exposición a la Altitud es Necesaria?**

Se desconoce con exactitud la dosis de exposición o entrenamiento necesarios para generar adaptaciones fisiológicas que incrementen el rendimiento. Un estudio recomienda permanecer de 3 a 4 semanas en una altitud igual o mayor a 2000 msnm usando el método LH-TH (Friedmann-Bette, 2008).

Los autores de los estudios más completos sobre este tema recomiendan al menos una estancia de 4 semanas en alturas de entre 2000 y 2500 msnm, con exposiciones de mínimo 22 horas diarias. Si la altitud es simulada recomiendan una altura entre 2500 y 3000 msnm ya que alturas mayores podían causar efectos dañinos a la salud (Wilber, Stray-Gundersen, & Levine, 2007).

Friedmann-Bette (2008) recomendó como dosis mínima una permanencia de 12 horas en alturas entre 2100 y 2500 msnm durante un periodo mínimo de 3 semanas para generar dichas adaptaciones.

Weineck (2005) sugiere centros de entrenamiento situados entre 1800 y 2800 msnm, afirma que por debajo de 1800 m. el estímulo de la hipoxia es demasiado escaso y por encima de los 2800 m. la excesiva carencia de oxígeno y el aire demasiado frío y seco dificultan la práctica del entrenamiento normal.

Jhonston y Turner (1974) mencionan que el entrenamiento en altura repetido tiene efectos más favorables en la capacidad de la resistencia que un entrenamiento aislado, pues los efectos positivos crecen debido a que aumentan las estancias en la altura, debido a la mejora en la adaptación.

## Simuladores de Altitud

Tras el éxito obtenido con el entrenamiento en altitud y el entrenamiento de los músculos respiratorios se ha abierto la puerta a investigar los efectos del entrenamiento de resistencia respiratoria.

Kido et al. (2013) llevaron a cabo un estudio de 6 semanas donde compararon las respuestas fisiológicas del entrenamiento continuo usando el método de resistencia respiratoria contra el entrenamiento continuo ordinario. Para esto utilizaron la máscara de hipoxia marca REBNA que utiliza válvulas como regulador de entrada y salida de aire obteniendo de esta manera la resistencia respiratoria. Encontraron que el entrenamiento al 75% - 85% de la frecuencia cardiaca de reserva mejoró significativamente el  $\text{VO}_{2\text{pico}}$  en ambos grupos, 11.7% en el grupo control y 18.5% en el grupo de resistencia respiratoria. Solamente el grupo de resistencia respiratoria incrementó significativamente la carga máxima (11.5%) y el umbral ventilatorio (36%) después del entrenamiento. Se concluyó que se tiene que realizar más investigación sobre la efectividad del método mencionado debido a que la muestra del grupo que utilizó la máscara contenía solo 5 sujetos.



Figura 1. Máscara de hipoxia marca REBNA

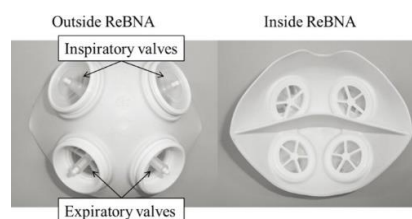


Figura 2. Sistema de Válvulas de la máscara de hipoxia marca REBNA

Pedlar y otros (2005) investigaron y compararon los efectos fisiológicos de dormir en una cámara de hipoxia ( $\text{PO}_2 = 110 \text{ mm Hg} = 2500\text{m.}$ )(NH) contra los efectos de dormir en un ambiente normal al nivel del mar ( $\text{PO}_2 = 159 \text{ mm Hg}$ )(BL) y dormir en un ambiente simulado al nivel del mar dentro de una cámara de hipoxia ( $\text{PO}_2 = 159 \text{ mm Hg}$ )(NN) con el propósito de comprobar la efectividad de estas en el entrenamiento de atletas. Encontraron que la saturación de oxígeno fue significativamente menor en el

grupo NH ( $89.9 \pm 4.8\%$ ) en comparación con el grupo BL ( $95.7 \pm 1.8\%$ ) y con el grupo NN ( $93.5 \pm 4.0\%$ ). En cuanto a la frecuencia cardiaca ( $57.5 \pm 7.6$  ppm) fue significativamente más alta comparada con el grupo NN ( $48.3 \pm 6.9$  ppm) pero fue similar a la del grupo BL ( $50.3 \pm 4.3$  ppm). Concluyendo que el uso de las cámaras de hipoxia afecta fisiológicamente al organismo, sin embargo existe una amplia variación en la respuesta individual de los sujetos.



*Figura 3.* Cámara de hipoxia modelo “Colorado Training Systemms” marca Colorado Altitude Training.



*Figura 4.* Cámara de hipoxia modelo “CAT-150” marca Colorado Altitudes Training.

Carr, Sanunders, Vallance, Garvican-Lewis y Gore (2015) estudiaron los efectos del método de entrenamiento de altitud LH-TL. 8 marchistas de elite fueron sometidos a un entrenamiento a 1380 msnm y 9 horas de descanso dentro de una cámara de hipoxia configurada para que simulara 3000 msnm durante 21 días continuos. Detectaron un incremento significativo en la hemoglobina (3.7%), y un aumento en el  $VO_2\text{Max}$  ( $4.4 \pm 5.6\%$ ), en cuanto al tiempo hasta el agotamiento incrementó  $8.9 \pm 5.6\%$ . Concluyendo que la exposición combinada de altitudes bajas y moderadas facilita la adquisición de beneficios relacionados con la fisiología y el rendimiento.



### *elevation training mask 2.0.*

La Elevation Training Mask 2.0 (ETM) es un producto innovador en el mercado, se anuncia como un artículo valioso para el entrenamiento de los deportistas profesionales o recreacionales ya que ayuda a potenciar el entrenamiento mediante una simulación de altitud, de esta manera se pueden obtener mejores resultados con entrenamientos más cortos.

La ETM cubre la nariz y boca en su totalidad, utiliza un sistema de válvulas de diferentes tallas que sirven como regulador de la entrada y salida de aire. Estas válvulas pueden ser ajustadas para incrementar o disminuir la resistencia respiratoria dependiendo “la altura” a la que se desee entrenar. Este sistema multinivel supuestamente permite simular alturas desde 914m. (3000ft) hasta 5486m. (18000ft), sin embargo, carece de un mecanismo que disminuya la presión parcial de oxígeno para inducir un estado de hipoxia durante el ejercicio.

Sellers, Monaghan, Schnaiter, Jacobson y Pope (2015) estudiaron la eficacia de la ETM para mejorar la capacidad anaeróbica y aeróbica en 17 oficiales de reserva del cuerpo de entrenamiento divididos en dos grupos; (Grupo experimental = 9; Grupo control = 8) se evaluaron como variables: antropometría, el test anaeróbico de Wingate (WAnT) y el VO<sub>2</sub>Max. Tras 6 semanas de entrenamiento con la ETM ajustada a 2750 m. no se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos en cuanto a índice de fatiga, capacidad anaeróbica, potencia pico, VO<sub>2</sub>MAX o tiempo de agotamiento. Esto sugiere que el uso de la ETM no tiene ningún efecto positivo, sin embargo, se recomienda implementar diversos métodos de entrenamiento en altitud cuando se incorpore el uso de la ETM en futuras investigaciones.

Porcari et al. (2016) realizaron un estudio con 24 sujetos divididos en 2 grupos: control y experimental, la intervención tuvo una duración de 12 sesiones de entrenamiento a lo largo de 6 semanas. Encontraron que en ambos grupos hubo una mejora significativa en el VO<sub>2</sub>Max y en la potencia pico de salida. Únicamente en el grupo experimental existió un aumento significativo en el umbral ventilatorio, potencia de salida del umbral ventilatorio, en el umbral de compensación respiratoria y en la potencia de salida del umbral de compensación respiratoria. Sin embargo, no detectaron

cambios significativos en las variables hematológicas en ninguno de los dos grupos, por lo tanto se sugirió que la ETM funciona como un dispositivo de entrenamiento de resistencia respiratoria y no como un simulador de entrenamiento en altura.

Motoyama, Joel, Pereira, Esteves y Azevedo (2016) investigaron los efectos de la ETM en 8 sujetos divididos en 2 grupos; Grupo experimental y Grupo control; Los participantes completaron una sesión de entrenamiento que consistió en dos ejercicios: press de pecho y sentadillas (al 75% del 1RM, hasta llegar al fallo muscular) donde se evaluaron las siguientes variables: calificación del esfuerzo percibido, concentración de lactato en sangre y el total de repeticiones. Encontraron que el grupo experimental (Máscara) realizó una menor cantidad de repeticiones y percibieron un mayor esfuerzo que el grupo control, por lo tanto concluyeron que el uso de la ETM en el entrenamiento con resistencias resulta negativo ya que incrementa la percepción de la fatiga y disminuye el rendimiento muscular de los atletas.

Jagim, Camic, Jones y Oliver (2017) llevaron a cabo una investigación con 20 powerlifters recreacionales quienes completaron 2 sesiones de entrenamiento, en las cuales realizaron 6 series de 10 repeticiones (con el 85% del 5RM) y una séptima serie al fallo muscular en los ejercicios de sentadilla y press de pecho. Los sujetos fueron divididos en dos grupos: grupo ETM y grupo NM. Las variables que se midieron pre y post entrenamientos fueron: lactato en sangre, velocidad pico de la ejecución, velocidad promedio de la ejecución, volumen total de la carga y el número total de repeticiones realizadas. No se encontraron diferencias en el número de repeticiones ni en la carga de trabajo, sin embargo, detectaron una menor concentración de ácido láctico en los sujetos del grupo ETM. Se concluyó que en el entrenamiento con resistencias el uso de la ETM disminuye la habilidad para mantener altas velocidades durante la sesión de entrenamiento.

### **Caracterización**

La presente investigación se llevó a cabo con boxeadores profesionales de la empresa “De León Promotions” de la ciudad de Monterrey, Nuevo León y con boxeadores profesionales del gimnasio “Miguel Ángel “Ratón” González” ubicado en la colonia Salvador Díaz Mirón, en la delegación Gustavo A. Madero, CDMX.

La empresa “De León Promotions” es manejada por su fundador el Lic. Mariano A. de León Sánchez, cuenta con un total de 4 trabajadores entre los que destacan un gerente general, gerente de eventos, director médico y un entrenador de boxeo. Actualmente representan a 20 boxeadores entre los que destacan Jairo “Doberman” López, Yudel “Guerrero” Reyes y Julio “Pollito” Ceja.

Además de representar a boxeadores profesionales, “De León Promotions” se encarga de promover y organizar funciones boxísticas a lo largo del territorio nacional, ya sea de manera autónoma o en colaboración con “Promociones del Pueblo”, “Televisa Deportes”, “Cancún Boxing” y otras empresas dedicadas a la promoción del boxeo mexicano.

El gimnasio “Miguel Ángel “Ratón” González” fue fundado en el año 1988 por el ex boxeador que lleva ese mismo nombre y quien es padre y entrenador del 3 veces campeón mundial Jhonny González Vera. Desde su inicio este gimnasio se fundó en lo que solía ser un tiradero de basura ubicado en un camellón de la Av. Eduardo Molina en el Distrito Federal y tiene la particularidad de ser el primer gimnasio de boxeo “al aire libre”, ya que no contaban con las instalaciones adecuadas para tener un gimnasio. Además fue donde iniciaron sus carreras peleadores de campeonato mundial, como el ya mencionado Jhonny González (3 veces campeón mundial), Edgar Sosa (1 vez campeón mundial), Areli “Ametralladora” Muciño (4 veces campeona mundial) y la reconocida como mejor boxeadora mexicana de la historia Ana María “La Guerrera” Torres (5 veces campeona mundial) entre otros.

Actualmente el director y propietario del gimnasio es el C. Jhonny González Vera quien desde el año 2011 en coordinación con el Jefe de Gobierno del Distrito Federal el Lic. Marcelo Ebrard Casaubón construyó y acondicionó un gimnasio adecuadamente para la práctica del boxeo profesional, amateur y recreativo. Desde

entonces el gimnasio de boxeo “Miguel Ángel “Ratón” González” cuenta con un total de 10 trabajadores, los cuales cumplen funciones como “entrenadores” y tienen aproximadamente un total de 300 usuarios al mes, donde el 20% son boxeadores profesionales y el resto se divide en boxeadores amateurs y recreativos.

### **Nivel de Aplicación**

Para realizar el presente estudio fueron seleccionados 16 boxeadores profesionales de los cuales 8 pertenecen a la empresa “De León Promotions” de Monterrey, Nuevo León (1 peso mosca, 2 peso gallo, 2 peso super gallo, 1 peso ligero y 1 peso mediano) y 8 del gimnasio “Miguel Angel Ratón González” de la Ciudad de México (1 peso mosca, 1 peso gallo, 2 peso super gallo, 1 peso pluma, 1 peso super pluma, 1 peso ligero y 1 peso mediano).

Se diseñó un plan de entrenamiento aeróbico que abarcó 6 microciclos de intervención. Constó de un volumen de 36 kilómetros por microciclo, divididos en 18 km continuos en 3 sesiones (Lunes, Miércoles y Viernes) y 18 km corridos con el método fraccionado igualmente segmentados en 3 sesiones (Martes, Jueves y Domingo). El método continuo se corrió a intensidades entre 130 y 140ppm mientras que el método fraccionado se corrió a intensidades máximas (arriba de 180 ppm) y utilizando el aditamento E.T.M. 2.0 configurado a 3658 msnm (12,000 ft).

Se realizaron biometrías hemáticas previas y posteriores a la intervención para conocer los niveles de glóbulos rojos, hemoglobina y hematocrito en sangre. Además se evaluó la potencia aeróbica ( $VO_2\text{Max}$ ) utilizando el test de la milla y media con la finalidad de conocer el estado físico en el que se encontraban los atletas.

Las evaluaciones y los entrenamientos se llevarón a cabo en las instalaciones del centro tenístico ubicado dentro del parque “Niños Héroes” en la Av. Manuel L. Barragán de la ciudad de San Nicolás de los Garza, Nuevo León.

En el caso de los boxeadores de la Ciudad de México, se aplicó la misma metodología de entrenamiento en tres temporalidades diferentes, sin embargo, se eliminó el uso de la E.T.M. 2.0. Las evaluaciones físicas y los entrenamientos se realizaron en la pista de atletismo del “Centro Deportivo Luiggy”, ubicado en la Av. Eduardo Molina, en la Delegación Gustavo A. Madero, CDMX.

### **Propósitos y Objetivos**

El propósito de la investigación es validar de manera científica el uso de la “Elevation Training Mask 2.0” como un dispositivo que simula el entrenamiento en altitud y genera cambios en las variables hematológicas.

Además se pretende establecer una metodología correcta para llevar a cabo una preparación física en altitud adecuada (no solo correr utilizando el método continuo constante) aplicada a boxeadores profesionales, establecer parámetros de volumen e intensidad de carga, proponer cual es la altitud idónea y cuánto tiempo de exposición a esta es necesario para generar cambios fisiológicos positivos que se vean reflejados en un incremento en el  $VO_2\text{Max}$  y en el rendimiento de los atletas.

#### **Objetivo General:**

Comparar los efectos del entrenamiento “LHTH” contra los efectos del entrenamiento “LLTH” utilizando el dispositivo “Elevation Training Mask 2.0” en boxeadores profesionales.

#### **Objetivos Específicos:**

- Aplicar carga específica de trabajo aeróbico para incrementar el indicador de potencia aeróbica máxima ( $VO_2\text{Max}$ ).
- Medir el  $VO_2\text{Max}$  de los atletas.
- Analizar las variables hematológicas (Hemoglobina, eritrocitos y hematocrito).
- Comparar los efectos de los métodos de entrenamiento “LHTH” y “LLTH”.

## Tiempo de Realización

No.	ACTIVIDADES	ene-17				feb-17				mar-17				
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5
1	Planificación de la metodología del entrenamiento													
2	Presentación del proyecto en la institución													
3	Adquisición de los dispositivos E.T.M. 2.0													
4	Presentación en el entrenamiento con los boxeadores													
5	Microciclo de adaptación del dispositivo													
6	Biometrías hemáticas iniciales													
7	Evaluación inicial de indicadores físicos													
8	Inicio del protocolo													
9	Evaluación final de indicadores físicos													
10	Biometrías hemáticas finales													
11	Recabación de datos													
12	Interpretación de datos													
13	Vinculación con el gimnasio "Ratón González"													
14	Presentación del proyecto en la institución													
15	Estancia académica													
16	Presentación con los boxeadores y entrenadores													
17	Biometrías hemáticas iniciales													
18	Evaluación inicial de indicadores físicos													
19	Protocolo de intervención													
20	Evaluación final de indicadores físicos													
21	Biometrías hemáticas finales													
22	Finalización de estancia académica													
23	Revisión de literatura													
24	Redacción del reporte													
25	Análisis estadístico													





[illegible]





### Estrategias y Actividades

1. Planificación de la metodología del entrenamiento: Se diseñó un trabajo aeróbico que permitiera incrementar el  $VO_2\text{Max}$  de acuerdo a las necesidades específicas que presentan los boxeadores profesionales.
2. Biometrías hemáticas iniciales: Estos exámenes clínicos se llevaron a cabo con el propósito de conocer el conteo de glóbulos rojos, así como la concentración de hemoglobina y de hematocrito en los atletas. Fueron realizados en el laboratorio “Cli-O” en la ciudad de Monterrey, Nuevo León y en el laboratorio médico del Chopo, en la Ciudad de México.
3. Evaluaciones físicas iniciales: Se evaluó el  $VO_2\text{Max}$ , utilizando el test de la milla y media y la formula del ACSM para determinar el estado de rendimiento inicial de los atletas.
4. Aplicación del entrenamiento/intervención: Se realizó la intervención con duración de 6 semanas, cada microciclo consistió en 6 sesiones de entrenamiento de 2 horas de duración cada sesión, y se estructuraron de la siguiente manera:

Tabla 4.

#### *Estructura de la sesión de entrenamiento de Preparación Física*

Fase	Ejercicios	Duración
<b>Calentamiento</b>	Movilidad Articular Calentamiento coordinativo Estiramiento	15 minutos
<b>Fase Medular</b>	Entrenamiento funcional	45 minutos
<b>Entrenamiento Aeróbico</b>	Correr/trotar 6 km.	45 minutos
<b>Vuelta a la calma</b>	Caminata ligera Estiramiento	15 minutos

5. Evaluaciones físicas finales: Se evaluó el  $VO_2\text{Max}$ , utilizando el test de la milla y media y la formula del ACSM para determinar el estado de rendimiento final de los atletas.
6. Biometrías hemáticas finales: Se tomaron las muestras de sangre para realizar el conteo final de glóbulos rojos, la concentración de hemoglobina y de hematocrito.
7. Recolección e interpretación de datos: Se creó una base de datos en el programa Excel, así mismo se procedió a realizar un análisis estadístico con el programa SPSS para la interpretación de datos y la obtención de resultados.

## Recursos

- Mascara de Hipoxia marca “Elevation Training Mask 2.0”: Es una máscara que regula el flujo de aire a través de válvulas. Es utilizada por atletas profesionales y recreacionales con el objetivo de simular el entrenamiento en altitud y optimizar el rendimiento físico.



Figura 5. Elevation Training Mask 2.0



Figura 6. Elevation Training Mask 2.0



Figura 7. Niveles de Resistencia de la E.T.M. 2.0

- Polar Team: Dispositivo utilizado para medir la frecuencia cardiaca de múltiples sujetos en tiempo real. Se utilizó para medir la intensidad durante los entrenamientos y evaluaciones.



Figura 8. Polar Team 2



Figura 9. Pantalla del Polar Team

- Laptop: Se utilizó para observar el comportamiento de la frecuencia cardiaca durante los entrenamientos. Además se utilizó para la búsqueda de antecedentes, generación de bases de datos y redacción del documento.
- Cronometro: Se utilizó para medir el tiempo del entrenamiento aeróbico durante las sesiones de entrenamiento.
- Odómetro: Se utilizó para medir el terreno de manera precisa y poder realizar las evaluaciones físicas y las sesiones de entrenamiento de manera correcta.

- Conos: Se utilizaron para marcar las distancias a recorrer durante las sesiones de entrenamiento.
- Test de la milla y Media: Este test consiste en recorrer 1.5 millas (2413m.) en el menor tiempo posible y evaluar la variable del  $VO_2\text{Max}$ .
- Biometrías hemáticas: Son estudios de sangre que permiten medir de manera precisa las variables hematológicas, es decir, el conteo de eritrocitos, la concentración de hemoglobina y hematocrito.

Tabla 5.

*Valores de referencia de biometría hemática*

	<b>HOMBRES</b>	<b>UNIDADES</b>
<b>ERITROCITOS</b>	4.3 - 5.7	mill/mm3
<b>HEMOGLOBINA (HGB)</b>	14.0 - 18.0	gr/dl
<b>HEMATOCRITO (HTO)</b>	40.0 - 54.0	%
<b>C.M.HGB(MCHC)</b>	32.0 - 36.0	%
<b>VOL.GLOB.MEDIO HB(MCH)</b>	70 - 100	fl.
<b>VOL.CORP.MEDIO HB (MCH)</b>	27.0 - 32.0	pg
<b>LEUCOCITOS</b>	4.0 - 10.0	mil/mm3
<b>LINFOCITOS</b>	20 - 55	%
<b>MONOCITOS</b>	5 -10	%
<b>BASOFILOS</b>	0 -2	%
<b>EOSINOFILOS</b>	1- 4	%
<b>NEUTROFILOS</b>	35 -75	%
<b>N.BANDA</b>	0 -7	%
<b>N. SEGMENTADOS</b>	33 -68	%
<b>PLAQUETAS</b>	200 -400	mil/mm3

### Producto

En el grupo de boxeadores de Monterrey que entrenó con la E.T.M. 2.0 como simulador de altitud (a 3658 msnm) se encontró un incremento de únicamente el 2.5% en cuanto al VO<sub>2</sub>Max promedio de la muestra, sin embargo, en las variables hematológicas (Glóbulos rojos, Hemoglobina y Hematocrito) se encontraron aumentos de 10.6%, 11.5% y 5.6% respectivamente. Mientras que en el grupo de boxeadores de la CDMX se detectó una mejoría del 21.4% en el VO<sub>2</sub>Max promedio, además de incrementos del 6%, 16.2% y 5% en glóbulos rojos, hemoglobina y hematocrito.

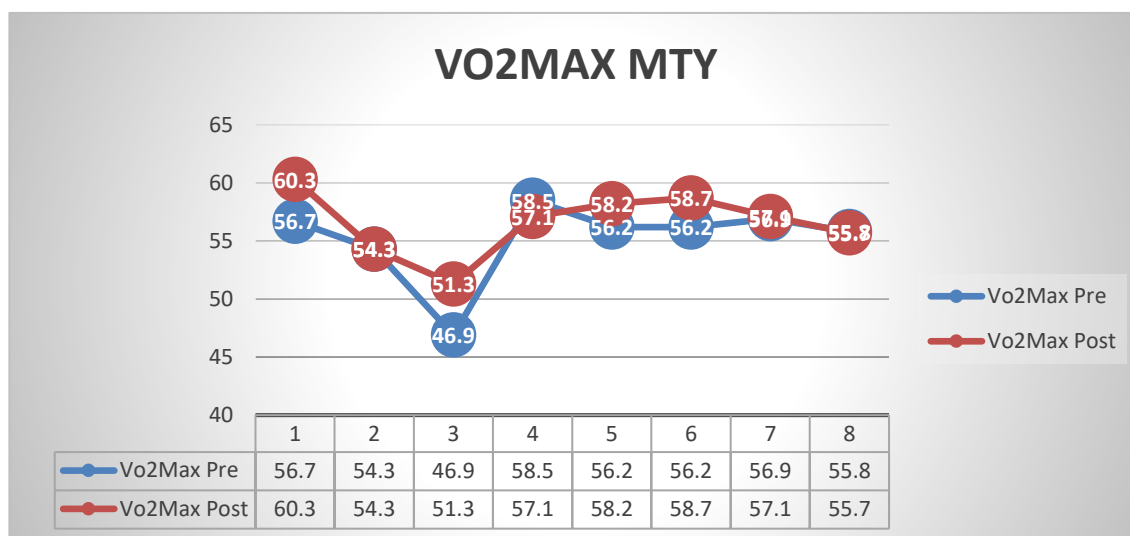


Figura 10. Comparación de los resultados del VO<sub>2</sub>Max de las pruebas previas y posteriores a la intervención en el grupo MTY.

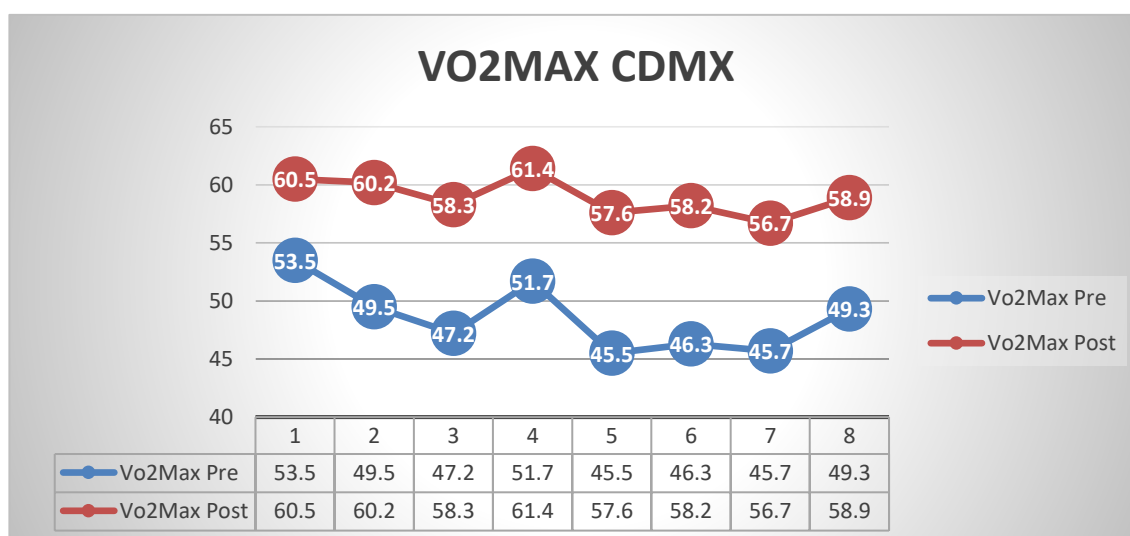


Figura 11. Comparación de los resultados del VO<sub>2</sub>Max de las pruebas previas y posteriores a la intervención en el grupo CDMX.

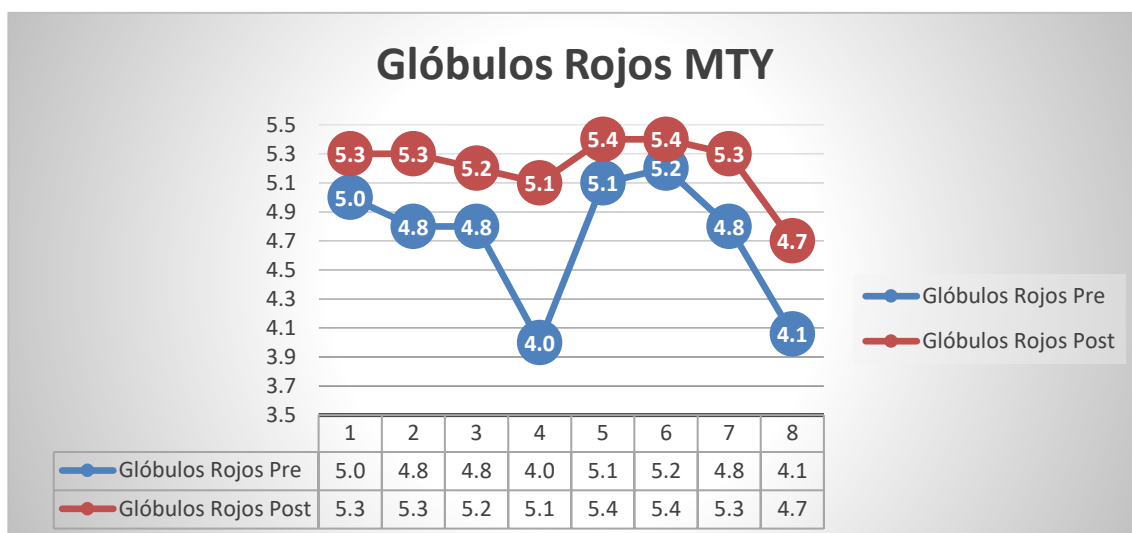


Figura 12. Comparación del conteo de Glóbulos Rojos previo y posterior a la intervención en el grupo MTY.

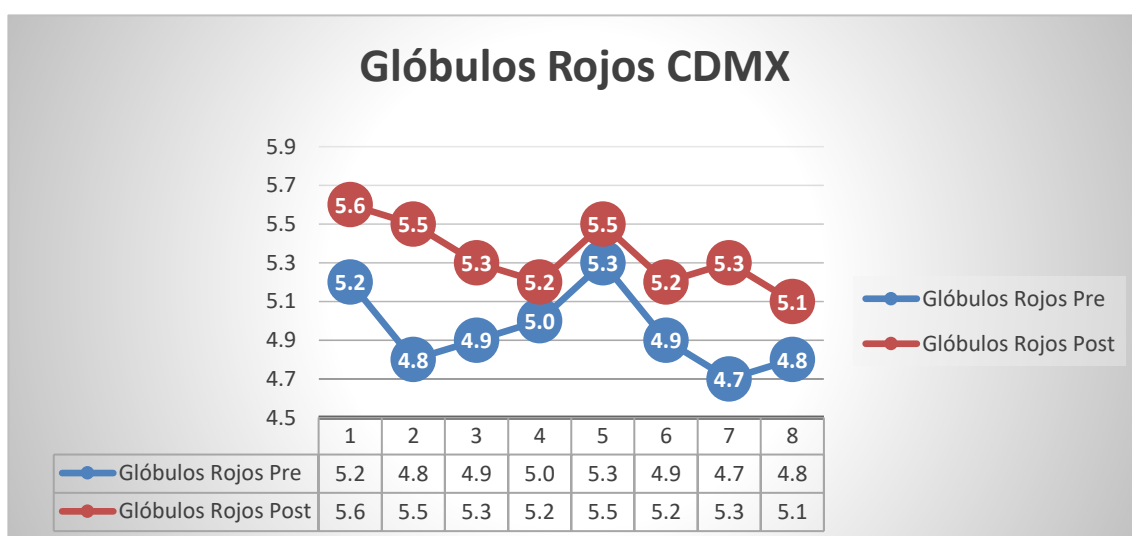


Figura 13. Comparación del conteo de Glóbulos Rojos previo y posterior a la intervención en el grupo CDMX.



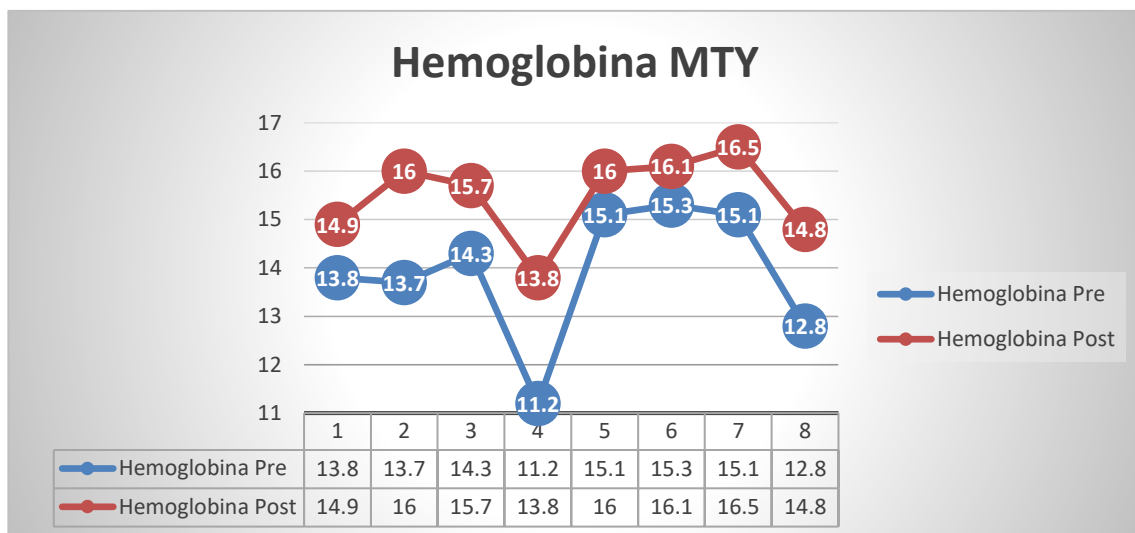


Figura 14. Comparación del nivel de hemoglobina previo y posterior a la intervención en el grupo MTY.

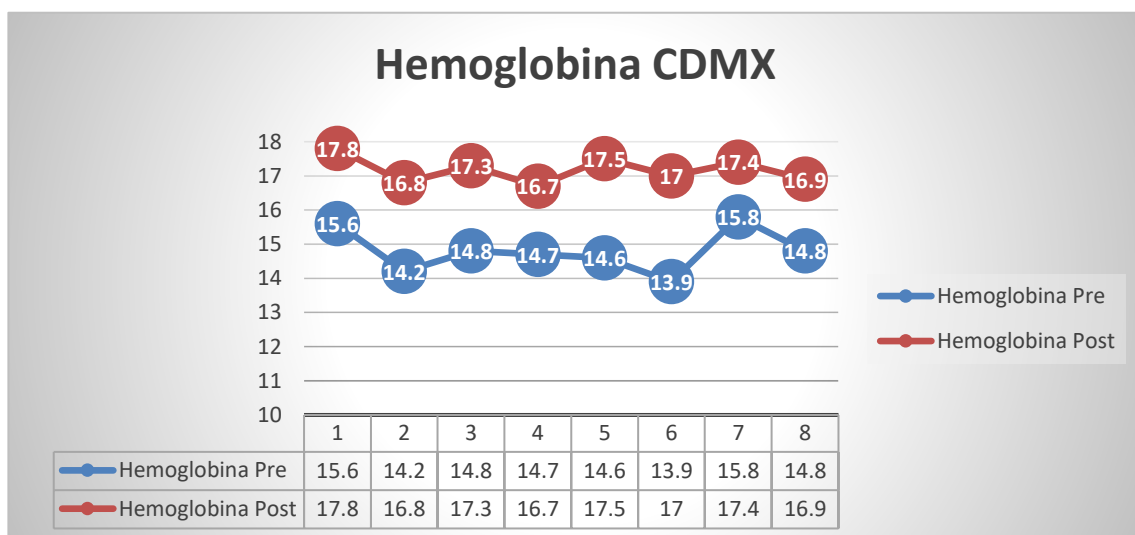


Figura 15. Comparación del nivel de hemoglobina previo y posterior a la intervención en el grupo CDMX.

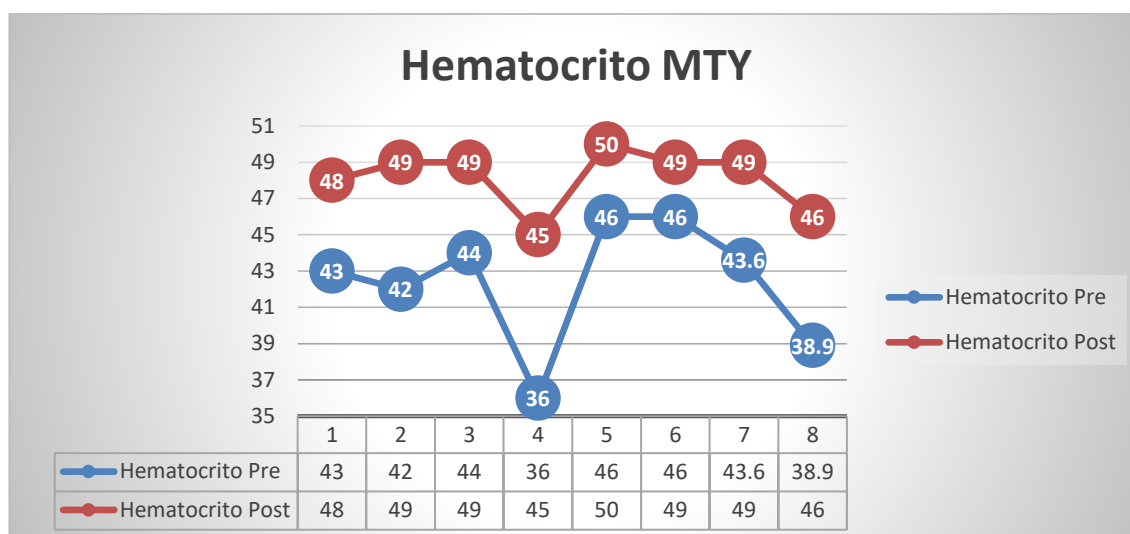


Figura 16. Comparación del porcentaje de hematocrito previo y posterior a la intervención en el grupo MTY.

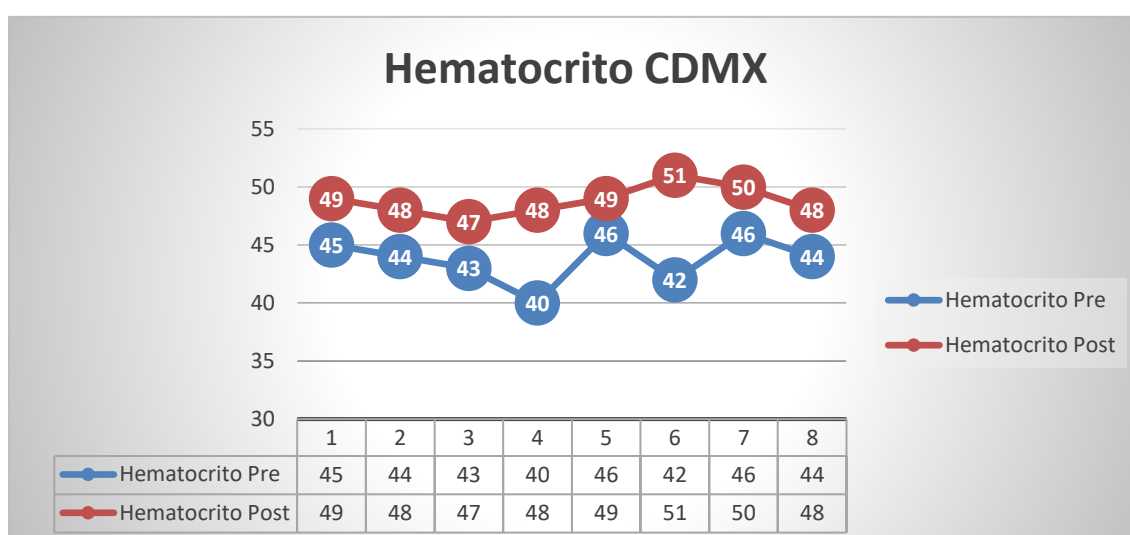


Figura 17. Comparación del porcentaje de hematocrito previo y posterior a la intervención en el grupo CDMX.

Se analizaron los datos utilizando el programa de análisis de datos SPSS 24 donde la estadística descriptiva arrojó los siguientes resultados:

Tabla 6.

*Estadística Descriptiva Grupo MTY*

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar	Varianza
Pre VO <sub>2</sub> Max	8	46.9	58.5	55.188	3.5474	12.584
Pre Glóbulos Rojos	8	4.0	5.2	4.725	.4432	.196
Pre Hemoglobina	8	11.2	15.3	13.912	1.3912	1.936
Pre Hematocrito	8	36.0	46.0	42.500	3.4641	12.000
Post VO <sub>2</sub> Max	8	51.3	60.3	56.588	2.8119	7.907
Post Glóbulos Rojos	8	4.7	5.4	5.213	.2295	.053
Post Hemoglobina	8	13.8	16.5	15.475	.8972	.805
Post Hematocrito	8	45.0	50.0	48.125	1.7269	2.982

Tabla 7

*Estadística Descriptiva Grupo CDMX*

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar	Varianza
Pre VO <sub>2</sub> Max	8	45.5	53.5	48.588	2.9323	8.598
Pre Glóbulos Rojos	8	4.7	5.3	4.950	.2070	.043
Pre Hemoglobina	8	13.9	15.8	14.800	.6392	.409
Pre Hematocrito	8	40.0	46.0	43.750	2.0529	4.214
Post VO <sub>2</sub> Max	8	56.7	61.4	58.975	1.5962	2.548
Post Glóbulos Rojos	8	5.1	5.6	5.337	.1768	.031
Post Hemoglobina	8	16.7	17.8	17.175	.3845	.148
Post Hematocrito	8	47.0	51.0	48.750	1.2817	1.643

Se realizó un test de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para determinar si la muestra era paramétrica o no paramétrica, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 8.

*Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra*

		VO2 MAX Pre	Glóbulo s Rojos Pre	Hemo globin a Pre	Hemat ocrito Pre	VO2 MAX Post	Glóbul os Rojos Post	Hemog lobina Post	Hemat ocrito Post
N		16	16	16	16	16	16	16	16
Parámetros normales <sup>a,b</sup>	Media	51.8	4.838	14.35	43.12	57.78	5.275	16.32	48.43
		88		6	5	1		5	8
	Desviac	4.63	.3538	1.141	2.825	2.529	.2082	1.102	1.504
	ión típica	69		9	5	6		4	2
Diferencias más extremas	Absolut	.176	.270	.158	.184	.147	.173	.134	.208
	a								
	Positiva	.156	.106	.103	.154	.079	.140	.090	.167
	Negativ a	- .176	-.270	-.158	-.184	-.147	-.173	-.134	-.208
Z de Kolmogorov-Smirnov		.702	1.081	.631	.736	.588	.691	.536	.833
Sig. asintót. (bilateral)		.707	.193	.821	.650	.880	.726	.936	.491

Nota: a. La distribución de contraste es la Normal. b. Se han calculado a partir de los datos.

Claramente se observa por el nivel de significancia estadística que todas las variables de interés presentaban una distribución normal ( $p \geq .05$ ).

La tabla \_ presenta los valores de medidas de tendencia central y desviación típica de las variables evaluadas tanto antes como después de la intervención.

Tabla 9.

*Estadísticos de muestras relacionadas*

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par	VO2MAXpre	55.188	8	3.5474	1.2542
1	VO2MAXpost	56.588	8	2.8119	.9942
Par	Glóbulos Rojos Pre	4.725	8	.4432	.1567
2	Glóbulos Rojos post	5.213	8	.2295	.0811
Par	Hemoglobina Pre	13.913	8	1.3912	.4919
3	Hemoglobina post	15.475	8	.8972	.3172
Par	Hematocrito Pre	42.500	8	3.4641	1.2247
4	Hematocrito post	48.125	8	1.7269	.6105

Posteriormente, para evaluar la eficacia de la intervención se analizaron los datos a través de una prueba t de Student para muestras dependientes donde se detectó lo siguiente:

Tabla 10.

*Prueba de muestras relacionadas (n=16)*

		Media	Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)
			Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior	Superior			
Primer grupo	VO2MAXpre - VO2MAXpost	-1.4000	2.0319	.7184	-3.0987	.2987	-1.949	7	.092
Segundo grupo	Glóbulos Rojos Pre - Glóbulos Rojos post	-.4875	.2800	.0990	-.7216	-.2534	-4.925	7	.002
Tercer grupo	Hemoglobina Pre - Hemoglobina post	-1.5625	.6653	.2352	-2.1187	1.0063	-6.642	7	.000
Cuarto grupo	Hematocrito Pre - Hematocrito post	-5.6250	1.9226	.6797	-7.2323	4.0177	-8.275	7	.000

Como se puede observar en la Tabla 10 los valores de glóbulos rojos, hemoglobina y hematocrito, en concreto, tres de los cuatro parámetros de interés, presentaron cambios significativos tras realizar la intervención.

## Conclusiones

En ambos grupos (MTY y CDMX) se encontraron incrementos significativos en cuanto a las variables hematológicas, sin embargo solamente en el grupo que entrenó en altitud (CDMX) se detectó una mejoría significativa en el  $\text{VO}_2\text{Max}$ . Esto debido a que el potencial de entrenamiento de los boxeadores del grupo MTY está más cerca de su tope que el de los boxeadores del grupo CDMX quienes estaban acostumbrados a otro tipo de entrenamiento aeróbico.

Podemos concluir, que para efectos de este estudio el modelo de entrenamiento “LL-TH” utilizando la Elevation Training Mask 2.0 como simulador de altitud tuvo efectos positivos, sin embargo, se demostró que el método “LH-TH” sigue siendo la mejor opción para los campamentos de entrenamiento de los boxeadores profesionales, siempre y cuando el nivel de altitud y el tiempo de exposición a esta sean los necesarios para generar adaptaciones fisiológicas. Lo anterior sumado a una correcta metodología del entrenamiento en donde se planifique y dosifiquen adecuadamente los volúmenes e intensidades de la carga permitirá que los atletas alcancen plenamente la forma deportiva.

Aun cuando se observaron mejores resultados con el modelo de entrenamiento “LH-TH” podemos validar el uso de la E.T.M. 2.0 ya que probó incrementar significativamente los valores de las variables hematológicas y tener un impacto positivo en el entrenamiento de la resistencia. En caso de no contar con los recursos necesarios para realizar campamentos de altitud o no tener la disponibilidad para un cambio de residencia, la E.T.M. 2.0 resulta ser una opción viable para añadir a la sesiones de entrenamiento.

Dentro de las limitaciones del presente estudio se deben considerar variables como el régimen alimenticio, los descansos y el estado de salud de los deportistas, ya que podrían afectar de manera directa el comportamiento de las variables hematológicas.

Para futuras investigaciones se recomienda tener en cuenta que el potencial del entrenamiento sea similar en ambos grupos, esto para determinar de manera más exacta

la efectividad de los modelos de entrenamiento, la validez de la metodología propuesta o de los instrumentos, aditamentos y dispositivos que se quieran poner a prueba.

## Anexos

### Anexo 1. Parámetros medidos en una biometría hemática.



LABORATORIOS CLÍNICOS RODRÍGUEZ

ANÁLISIS DE RUTINA Y ESPECIALES

TEL. 8815-5768 8088-1283 8390-8618

SUCURSAL SAN PEDRO: EMILIANO ZAPATA 209 INT. C COL. UNIDAD REV.

SUCURSAL ESCOBEDO: GUANAJUATO 213 COL. CELESTINO GASCA

NOMBRE : XXXXXXXXXX  
 EDAD : 25 AÑOS  
 NO. REG : 43854

FECHA : MZO 23 2017  
 EXAMEN : BH  
 MEDICO : XXXXXXXXXX

### Informe de Resultados

#### BIOMETRIA HEMATICA

	RESULTADO	REFERENCIA
ERITROCITOS	4.0	3.8 - 5.8 mil/mm <sup>3</sup>
HEMOGLOBINA	11.2	11.0 - 16.5 g/dl
HEMATOCRITO	36	35.0 - 50.0 %
C.M.H.G.	31	31.5 - 35.0 g/dl
MCV	88	80 - 97 um <sup>3</sup>
MCH	27.6	26.5 - 33.5 pg
LEUCOCITOS	7,400	4000 - 11000/mm <sup>3</sup>
LINFOCITOS	26	20 - 40%
MONOCITOS	2	1 - 6%
BASOFILOS	0	0 - 1%
EOSINOFILOS	0	0 - 5%
NEUTROFILOS	72	50 - 70%
MELOCITOS	0	0%
METAMIELOCITOS	0	0%
N. EN BANDA	0	0 - 5%
N. SEGMENTADO	72	50 - 70%
PLAQUETAS	299	150 - 400 mil /mm <sup>3</sup>

Q.C.B. HOMERO ROD. SALAZAR

CED PROF. 1671766 U.A.N.L.

GRACIAS POR PERMITIRNOS SERVIRLE



## Anexo 2. Carta de Consentimiento Informado

**Carta de Consentimiento para Examen Clínico**

Yo \_\_\_\_\_ he sido invitado a participar en un estudio de investigación titulado “Uso de la Elevation Training Mask 2.0 comparado con el Entrenamiento en Altitud”. He sido informado que realizarán una toma de sangre para que se analice el conteo de glóbulos rojos, el nivel de hemoglobina y el porcentaje de hematocrito. Se me ha comunicado que al aceptar participar en este proyecto de investigación estos resultados obtenidos serán manejados en forma confidencial y que en ningún momento se violara la privacidad del resultado obtenido. Entiendo también que el análisis de mis muestras durante este estudio no implicara ningún costo extra para mí y que los gastos serán absorbidos por los investigadores. Por otra parte, dicho material obtenido para la investigación no se utilizara para estudios posteriores en proyectos alternos y externos.

Por tal motivo estoy en mi derecho de solicitar cualquier información acerca de este estudio, en el momento del desarrollo del mismo y su aplicación. Además, entiendo que estoy en libertad de retirarme de este estudio en el momento que desee.

Deportista:

Nombre y firma: \_\_\_\_\_

Teléfono o email: \_\_\_\_\_

Investigadores Participantes: Dr. Fernando Ochoa Ahmed  
L.E.F.D. y R. Isaac Yair Velázquez Salazar

### Bibliografía

- American College of Sports Medicine. (2014). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. USA: Wolters Kluwer.
- Ashenden, M. J., Gore, C. J., Dobson, G. P., & Hahn, A. G. (1999). "Live High, Train Low" does not change the total hemoglobin mass of male endurance athletes sleeping at a simulated altitude of 3000 m for 23 nights . *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 479-484.
- Ashenden, M. J., Gore, C. J., Martin, D. T., Dobson, G. P., & Hahn , A. G. (1999). Effects of a 12-Day "live high, train low" camp on reticulocyte production and hemoglobin mass in elite female road cyclist. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 472-478.
- Asociación Internacional de Boxeo Aficionado. (2015). *AIBA Reglas Técnicas* . USA.
- Billat, V. (2002). *Fisiología y Metodología del Entrenamiento*. Barcelona: Paidotribo.
- Carr, A. J., Saunders, P. U., Vallance, B. S., Garvican-Lewis, L. A., & Gore, C. J. (2015). Increased Hypoxic Dose after Training at Low ALtitude with 9h per Night at 3000m Normobaric Hypoxia. *Journal of Sports Science and Medicine*, 776-782.
- Chapman, R., Stray-Gundersen, J., & Levine, B. D. (1998). Individual variation in response to altitude training. *Journal of Applied Physiology*, 1448-1456.
- Ciró, R. O. (1994). *Fisiología Deportiva*. El Ateneo.
- Collins, M. A., Cureton, K. J., Hill, D. W., & Ray, C. A. (1989). Relation of plasma volume change to intensity of weight lifting. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 178-185.
- Cooper, K. (1968). A means of assessing maximal oxygen intake. *JAMA*, 135-138.
- Cooper, K. H. (1970). *Ejercicios Aeróbicos* . México D.F.: Editorial Diana.

- Díaz , F. (2000). Validación y confiabilidad de la prueba de 1.000 metros. . *Rev Inv Clínica*, 44-51.
- Farinola, M. G. (2008). Pruebas de campo para la valoración del consumo máximo de oxígeno, velocidad aeróbica máxima y la resistencia intermitente.
- Friedmann-Bette, B. (2008). Classical altitude training. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* , 11-20.
- García Manso, J., Navarro Valdivieso, R., & Ruiz Caballero, J. (1996). *Pruebas para la valoración de la Capacidad Motriz en el Deporte*. Madrid: Gymnos.
- Green, H. J., Jones, S., Ball-Burnett, M., Farrance , B., & Ranney, D. (1995). Adaptations in muscle metabolism to prolonged voluntary exercise and training. *Journal of Applied Physiology*, 138-145.
- Hawkins, S. A., & Wiswell, R. A. (2003). Rate and Mechanism of Maximal Oxygen Consumption Decline with Aging Implications for Exercise Training. *Sports Med*, 877-888.
- Jagim, A., Camic, C. L., Jones, M. T., & Oliver, J. M. (2017). The Acute Effects of the Elevation Training Mask on Strenght Performance in Recreational Weightlifters. *The Journal of Strenght and Conditionig Research*.
- Kido, S., Nakajima, Y., Miyasaka, T., Maeda, Y., Tanaka, T., Yu, W., . . . Takayanagi, K. (2013). Effects of combined training with breathing ressitance and sustained physical exertion to improve endurance capacity and respiratory muscle function in healthy young adults . *Journal of Physical Therapy Science* , 605-610.
- Leger , L., & Boucher , R. (1980). An indirect continuous running multistage field test: The universite de Montreal Track Test . *Can J App Spt Sci* , 77-84.
- Leger , L., & Lambert, J. (1982). A maximal.multistage 20-m Shuttle Run Test to Predict VO<sub>2</sub>max . *Eur J App Physiol* , 1-12.

- Leger, L. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic Fitness. . *J Sports Sci*, 93-101.
- Levine, B. D., & Stray-Gundersen, J. (1997). "Living high-training low" Effect of Moderate-altitude acclimatization with low-altitude training on performance. *Journal of Applied Physiology*, 102-112.
- Levine, B. D., & Stray-Gundersen, J. (2005). Point: Positive effects of intermittent hypoxia (live high-train low) on exercise performance are mediated primarily by augmented red cell volume. *Journal of Applied Physiology*, 2053-2055.
- Motoyama, Y. L., Joel, G. B., Pereira, P. E., Esteves, G. J., & Azevedo, P. H. (2016). Airflow-Restricting Mask Reduces Acute Performance in Resistance Exercise. *MDPI*.
- Ness, J. (2015). Is Live High/Train Low the Ultimate Endurance Training Model? *NSCA COACH* , 20-24.
- Pedlar, C., Whyte, G., Emegbo, S., Stanley, N., Hindmarch, I., & Godfrey, R. (2005). Acute Sleep Responses in a Normobaric Hypoxic Tent. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1075-1079.
- Porcari, J. P., Probst, L., Forrester, K., Doberstein, S., Foster, C., Cress, M. L., & Schmidt, K. (2016). Effect of Wearing the Elevation Training Mask on Aerobic Capacity, Lung Function, and Hematological Variables. *Journal of Sports Science and Medicine*, 179-186.
- Robertson, E. Y., Augrey, R. J., Anson, J. M., Hopkins, W. G., & Pyne, D. B. (2010). Effects of simulated and real altitude exposure in elite swimmers. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 487-493.
- Ruddock, A. (2016). *Boxing - Strength and Conditioning for Professional Boxing*. Sheffield.
- Schmidt , W., & Prommer, N. (2008). Effects of various training modalities on blood volume. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* , 57-69.

- Sejersted, O. M., Vollestad, N. K., & Medbo, J. I. (1986). Muscle fluid and electrolyte balance during and following exercise. *Acta Physiologica Scandinavica* , 119-127.
- Sellers , J. H., Monaghan, T. P., Schnaiter, J. A., Jacobson, B. H., & Pope, Z. K. (2015). Efficacy of a ventilatory Training Mask to Improve Anaerobic and Aerobic Capacity in Reserve Officers' Training Corps. *The Journal of Strenght and Conditioning Research*.
- Tharret , S. J., Peterson, J. A., & American College of Sports Medicine. (2012). *ACSM's Health/Fitness Facilities Standards and Guidelines* . USA: American College of Sports Medicine.
- Vargas Pinilla , O. C. (2014). Exercise and Training at Altitudes: Physiological Effects and Protocols. *Rev Cienc Salud*, 111-126.
- Vogt, M., & Hoppeler , H. (2010). Is hypoxia training good for muscles and exercise performance? . *Progress in Cardiovascular Diseases*, 525-533.
- Wilber, R. (2007). Application of altitude/hypoxic training by elite athletes. . *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1610-1624.
- Wilber, R. L., Stray-Gundersen, J., & Levine, B. D. (2007). Effect oh hypoxic "dose" on physiological responses and sea-level performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1590-1599.
- Wilmore, J. H., & Costill , D. L. (2010). *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*. USA: Paidotribo.

## **Resumen autobiográfico**

ISAAC YAIR VELÁZQUEZ SALAZAR

Candidato para obtener el Grado de Maestría en Actividad Física y Deporte Con Orientación en Alto Rendimiento Deportivo.

Reporte de Prácticas: USO DE LA ELEVATION TRAINING MASK 2.0  
COMPARADO CONTRA EL ENTRENAMIENTO EN ALTITUD EN  
BOXEADORES PROFESIONALES.

Campo temático: Entrenamiento de Alto Rendimiento.

Lugar y fecha de nacimiento: Poza Rica de Hidalgo, Veracruz en Febrero de 1993

Lugar de residencia: San Nicolás de los Garza, Nuevo León.

Procedencia académica: Licenciatura en Educación Física, Deporte y Recreación en la Facultad de Educación Física de la Universidad Veracruzana.

Experiencia Propedéutica y/o Profesional: Metodólogo y Preparador Físico en Deportes de Combate a Nivel Universitario y Profesional.

Becario CONACYT en la Coordinación Técnico – Metodológica de la Facultad de Organización Deportiva.

E-mail: [iyvs\\_13@hotmail.com](mailto:iyvs_13@hotmail.com)